九頭竜ダム、真名川ダムにおけるゲート設備の緊急時対応マニュアルの構築について

南部　勇樹[1]・広瀬　健治[2]

[1]近畿地方整備局　福井河川国道事務所　防災課　（〒918-8015 福井県福井市花堂南2-14-7）

[2]近畿地方整備局　福井河川国道事務所　保全対策官　（〒918-8015 福井県福井市花堂南2-14-7）

九頭竜川ダム統合管理事務所が管理する九頭竜ダム、真名川ダムのゲート設備は大規模であり設置後30年以上経過している施設である。これらの施設は老朽化が進行し、厳しい財政制約の中、適切かつ確実な維持管理が求められている。

このような背景のもと、確実なダム操作を行うために、ゲート設備の異常・故障発生時に職員が迅速な対応ができるように緊急時対応マニュアルの構築を行ったものである。

キーワード　危機管理，管理，維持

1.　はじめに

九頭竜川ダム統合管理事務所では、九頭竜ダム及び真名川ダムの維持管理を行っている。各ダムのゲート設備は表1に示すように、設置後３０年以上が経過しているものが多くを占め、設備の老朽化による設備の異常・故障等の発生が懸念されており、これらの発生時に迅速な対応に備えておくことが課題である。

表-1　真名川ダム、九頭竜ダムのゲート設備諸元

ダム名	設備名		形式	開閉装置	門数	設置年度	経過年数
九頭竜ダム	1. 洪水吐設備		ラジアルゲート W 11.5m × H 8.55m	ワイヤロープウインチ式	3	1967年	**47年**
真名川ダム	1. 非常用放水設備		ラジアルゲート W 12.0m × H 9.6m	ワイヤロープウインチ式	4	1977年	**37年**
	2. 主放水設備	主ゲート	圧着式高圧ローラゲート W 3.9m × H 3.9m	油圧シリンダ式	3	1975年	**39年**
		予備ゲート	キャタピラゲート W 6.6m × H 8.2m	ワイヤロープウインチ式	3	1976年	**38年**
	3. 小放流設備	主バルブ	ホロ-ジェットバルブ φ 1400mm	スピンドル式	1	1976年	**38年**
		予備ゲート	高圧ローラゲート W 2.36m × H 2.78m	ワイヤロープウインチ式	1	1976年	**38年**
	4. 河川維持用水設備	主ゲート	ジェットフローゲート φ 250mm	スピンドル式	1	1996年	18年
		副ゲート	高圧スライドゲート W 0.3m × H 0.42m	スピンドル式	1	1996年	18年
	5. 不特定用水設備	主ゲート	ジェットフローゲート φ 1000mm	油圧シリンダ式	1	1997年	17年
		副ゲート	高圧スライドゲート W 1.0m × H1.34m	油圧シリンダ式	1	1997年	17年

九頭竜川ダム統合管理事務所の技術職員は、平成２６年４月時点で九頭竜ダム管理支所（２名）、真名川ダム管理支所（３名）、事務所（８名）の計１３名であり、防災体制発令時には事務所及び各支所において防災体制を実施している。

真名川ダムの放流時には、事務所１名、真名川ダム管理支所２名の計３名体制で２４時間の防災体制をとっており、体制が継続することが多くなっている。

ゲート設備の維持管理を担当する機械職員は１名のみであり、防災体制にも組み込まれており、ゲート放流時に常に機械職員が対応できる状況ではない。

そのため、全ての技術職員が、異常・故障発生時に迅速な初動対応が図れるよう、これまでも各々の設備完成時の取扱説明書を用いて、所内研修や訓練を実施してきたが、担当職員の経験による対応の差が大きいため、より確実な臨機の対応及び今後の技術継承が行われるように、緊急時対応マニュアルの構築を行った。

2. マニュアル作成の対象設備の選定

⑴ 各設備の評価方法

ダム用機械設備の影響度と発生頻度の関係に基づくリスクマトリックス(図-1)を用いて、危険要因が及ぼすリスクを評価しマニュアル作成の対象設備を抽出を行った。

⑵ 影響度と危険要因の発生頻度の評価

設備に及ぼす影響度は、ダム用ゲート設備等点検・整備・更新検討マニュアル[1]に基づき作成した各ダムの維持管理計画と同評価とし、設備区分の分類によりレベルをⅠ～Ⅲで評価した(表-2)。
また、危険要因の発生頻度についても同様に気象データや現地条件、施設特性に基づき３段階で評価を行った(表-3)。

表-2 影響度（設備区分）分類

ダム名	No.	設備名		設備区分レベル
九頭竜ダム	1	洪水吐設備		Ⅰ
	2	係船設備	影路インクライン	Ⅲ
			浮桟橋	Ⅲ
	3	流木止設備		Ⅲ
真名川ダム	1	非常用放水設備		Ⅰ
	2	主放水設備	主ゲート	Ⅰ
			予備ゲート	Ⅰ
	3	小放流設備	主ゲート	Ⅰ
			予備ゲート	Ⅰ
	4	河川維持用水ゲート	主ゲート	Ⅱ
			副ゲート	Ⅱ
	5	不特定用水ゲート	主ゲート	Ⅱ
			副ゲート	Ⅱ
	6	噴水設備	直上噴水バルブ	Ⅱ
			扇形噴水バルブ	Ⅱ
	7	係船設備	インクライン設備	Ⅲ
	8	流木止設備	真名川ダム流木止設備	Ⅲ
			持籠谷流木止設備	Ⅲ
	9	流木リサイクル設備		Ⅲ
	10	濁水対策設備	濁水対策フェンス	Ⅲ
			流木止	Ⅲ
	11	堤内排水設備		Ⅲ
	12	堤内インクライン		Ⅲ

レベルⅠ 治水設備および治水要素のある利水設備
レベルⅡ 利水設備
レベルⅢ その他設備
*予備ゲートは、その機能として主ゲート故障時の流水遮断機能が付与されていることから、主ゲートの代替機能を有していると判断し、主ゲートと同等の扱いとした。

表-3 発生頻度

危険要因			発生頻度
大分類	中分類	小分類	
自然的要因	地震	地震動(L2)	ⅲ
		土砂災害	ⅲ
		火災	ⅱ
	台風（竜巻）	強風	ⅰ
	豪雨（大規模）	洪水	ⅱ
		土砂災害	ⅱ
	豪雪（大規模）	積雪	ⅱ
		雪崩、ひょう	ⅱ
	火災	建物火災	ⅱ
	異常気象	熱波	ⅱ
		寒波	ⅱ
	その他	落雷	ⅱ
人為的要因	事故	関連機関での事故（電気・ガス・水道）	ⅲ
		事務所などでの火災、爆発	ⅲ
		自動車の衝突	ⅲ
	事件	テロ（破壊行為）	ⅲ
その他	生物による障害	（例：ねずみが回路をかじる）	ⅱ
	経年劣化	故障（機能喪失）	ⅱ

ⅰ １年に１回
ⅱ 10～20年に１回程度
ⅲ きわめてまれに発生する（ⅱより少ない）

⑶ 対象設備の抽出

設備の重要度と発生頻度の関係に基づくリスク評価結果について、九頭竜ダムを図-2、真名川ダムを図-3に示す。
上記の結果より、以下の設備がレベルAに該当し、異常時のリスクが高い設備であることから、マニュアル構築の対象設備とした。
□九頭竜ダム：洪水吐設備
□真名川ダム：非常用放水設備
主放水設備（主ゲート・予備ゲート）
小放流設備（主ゲート・予備ゲート）
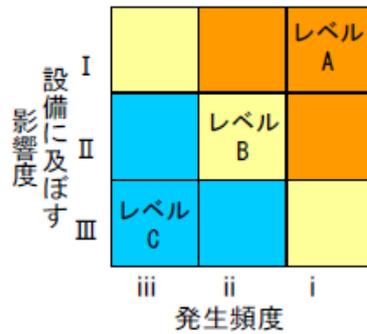
図-1 リスクマトリックス

図-2 九頭竜ダム設備のリスク評価結果
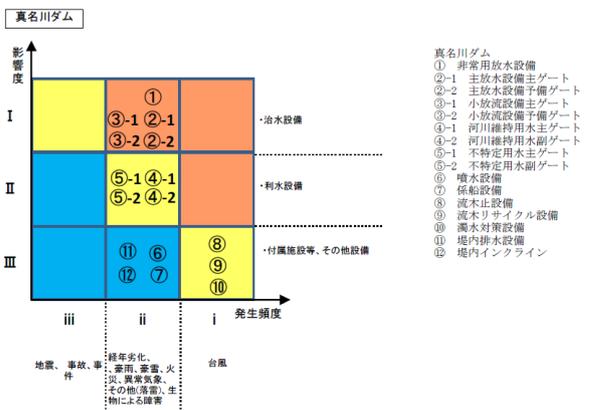
図-3 真名川ダム設備のリスク評価結果

3. 緊急時対応項目の抽出、整理

⑴ 不具合履歴の整理

九頭竜ダム及び真名川ダムの、過去の不具合履歴について、不具合内容、原因、不具合発見の手段、操作盤の故障表示及び操作の可否について整理した。

また、平成21年度以降に報告された、全国のダムゲートの不具合事例についても同様に履歴を整理し、放流操作に影響する不具合の抽出を行った。

不具合を事象別に整理した表-4より、不具合全体では点検時に五感で確認を行う、損傷、漏水、漏油、振動及び異常音の事象と、操作盤に故障警報表示される事象に分類できることが分かった。

今回作成のマニュアルの対象となる「操作不能となった不具合」に絞り整理した結果を図-4に示す。

整理の結果より、操作不能となる不具合には次の３項目が全体の９０％を占めていることが分かった。

① 開閉装置の過負荷、油圧装置の異常圧力
② 制限開閉器､リミットスイッチ､タイマ等の誤作動
③ 開度計の故障

したがって、マニュアル作成にあたっては、これらの不具合を考慮するものとした。

操作不能となった２１例について、マニュアル作成にあたり、一般的な操作状況、要因、マニュアルでの反映方法等を整理した結果を表-5に示す。

⑵ 操作盤表示と操作継続可否の整理

ゲート設備の年点検整備時に実施する機側操作盤とダムコンとの対向確認の試験項目をベースに、機側操作盤の表示とダムコンの表示内容の対比を行った。

また、それぞれの警報表示灯点灯時における操作の可否も整理した。真名川ダム主放水設備主ゲートの整理結果の一例を表-6に示す。
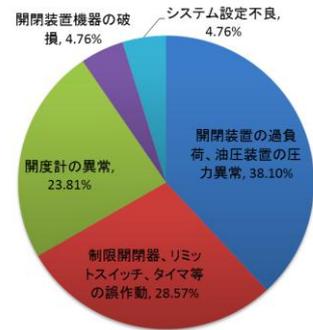
図-4 操作不能となった不具合の事象別グラフ

表-4 不具合の事象別件数

	不具合事象	全件数	操作不能	備　考
1	構造部の腐食、変形、損傷	5		
2	水密ゴムの劣化、変形、漏水	4		
3	ボンネット、配管の漏水、空気漏れ	6		
4	ワイヤロープ腐食、素線切れ、破断	5		
5	開閉装置の異常音、振動、漏油	12		
6	開閉装置の過負荷、油圧装置の圧力異常	9	8	
7	開閉装置機器の破損	4	1	
8	開度計の異常	5	5	
9	制限開閉器、LS※、タイマ等の誤作動	7	6	
10	システム設定不良	1	1	
	合　計	58	21	

表-5 操作不能となった事象とマニュアルへの反映事象

番号	ダム名	設備名	不具合内容・要因	マニュアルへの反映事象
1	九頭竜	洪水吐	絶縁不良で開度発信器機能せず	開度発信器不(誤)作動
2	真名川	非常用放水	電動-手動切替LSの不作動	リミットスイッチの不(誤)作動
3	〃	主放水主	試運転中に油圧異常発生	油圧異常検出
4	〃	〃	下限と非常下限が同時作動	非常下限点灯
5	〃	〃	試運転時に離脱油圧異常の警報	油圧異常検出
6	〃	〃	連動運転時に油圧ポンプ停止せず	停止しない、場合の対応策
7	〃	〃	開度表示が消えたが自然復帰	開度発信器不(誤)作動
8	〃	〃	開操作時に離脱油圧異常発生	油圧異常検出
9	〃	〃	開操作時に離脱油圧異常発生	油圧異常検出
10	〃	〃	遠方操作盤の開度表示が消える	開度発信器不(誤)作動
11	〃	〃 〃	ゲート動作条件不確立	操作条件不確立の対応
12	〃	〃	圧着時に異常停止(油圧異常と推定)	過負荷あるいは3E動作
13	〃	〃	離脱油圧異常表示	油圧異常検出
14	〃	〃	離脱油圧異常表示	油圧異常検出
15	〃	主放水予備	全閉付近でロープ弛み検出	ロープ弛み検出
16	〃	小放流主	開度データ異常の発生	開度表示異常
17	〃	噴水設備	遠方操作盤の開度表示が異常	開度表示異常
18	〃	係船設備	上限、非常上限LSで停止せず	非常上限不作動として検討
19	丸山	クレスト	電動機以降に回転力伝達せず	故障表示なしで操作不可
20	漁川	常用放流	開操作中に全閉リミット作動	リミットスイッチの不(誤)作動
21	大石	利水放流設備	閉操作中に過トルクで停止	過負荷、過トルク、3E作動

表-6 真名川ダム主放水設備主ゲートの操作盤表示と操作可否の整理例

	状態	機側操作盤の表示灯	遠方操作装置の表示			警報音		操作可否					備考
			操作画面		SV表示画面	機側(開閉装置室)	遠方(操作室)	機側			遠方		
								通常開	通常閉	非常操作	手動開	手動閉	
共通	動力主電源投入	動力主電源	動力主電源	●	動力主電源	—	—	○	○	○	○	○	
共通	制御電源投入	制御電源	—		—	—	—	○	○	○	○	○	
共通	機側操作盤の子扉閉(遠方操作条件充足)	遠方	遠方操作	●	遠方操作	—	—	×	×	○	○	○	
共通	機側操作盤の子扉開(遠方操作条件不足)	機側	機側操作		機側操作	—	—	○	○	○	×	×	
共通	機側操作盤の制御回路選択切替スイッチが常時側	常時制御回路(PLC)	—	●	常時制御回路(PLC)	—	—	○	○	×	○	○	
共通	機側操作盤の制御回路選択切替スイッチが非常時側	非常時制御回路(リレー)	—		非常時制御回路(リレー)	—	—	×	×	○	×	×	
共通	非常停止釦の押下げにより停止	非常停止	非常停止		非常停止	ベル	ブザー	×	×	×	×	×	
共通	遠方で自動制御を選択	—	自動制御中		—	—	—	○	○	○	×	×	
主ゲート状態	油圧ポンプ電動機電源ブレーカがON	油圧ポンプ電源	油圧ポンプ電源	●	油圧ポンプ電源	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	電磁ブレーキ電源ブレーカがON	電磁ブレーキ電源	電磁ブレーキ電源	●	電磁ブレーキ電源	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	機側操作盤の油圧ポンプ操作切替スイッチが連動側	連動操作	連動操作	●	連動操作	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	機側操作盤の油圧ポンプ操作切替スイッチが単独側	単独操作	単独操作		単独操作	—	—	○	○	○	×	×	
主ゲート状態	油圧ポンプが運転状態	油圧ポンプ運転	油圧ポンプ運転		油圧ポンプ運転	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	圧力スイッチが規定圧力を検知	油圧確立	油圧確立		油圧確立	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	休止フックの脱リミットスイッチが作動	休止フック脱	休止フック脱		休止フック脱	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	休止フックの着リミットスイッチが作動	休止フック着	休止フック着		休止フック着	—	—	○	×	○	×	×	
主ゲート状態	電磁ブレーキの開側リミットスイッチが作動	電磁ブレーキ開	—		電磁ブレーキ開	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	電磁ブレーキの閉側リミットスイッチが作動	電磁ブレーキ閉	—		電磁ブレーキ閉	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	離脱位置リミットスイッチが作動	離脱完了	離脱完了		圧着装置 離脱完了	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	扉体が離脱動作中	離脱中	—		圧着装置 離脱中	—	—	—	—	—	—	—	
主ゲート状態	扉体が圧着動作中	圧着中	—		圧着装置 圧着中	—	—	—	—	—	—	—	
主ゲート状態	圧着位置リミットスイッチが作動	常用圧着	常用圧着		圧着装置 常用圧着	—	—	×	×	○	×	×	
主ゲート状態	⇧ 釦押下げ→開方向運転中	⇧	⇧		⇧	チャイム	チャイム	—	—	—	—	—	
主ゲート状態	ゲート開度が停止禁止範囲にある	停止禁止範囲	停止禁止範囲		停止禁止範囲	—	—	—	—	—	—	—	
主ゲート状態	⇩ 釦押下げ→閉方向運転中	⇩	⇩		⇩	チャイム	チャイム	—	—	—	—	—	
主ゲート状態	停止中	—	—		停止	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	休止上限リミットスイッチが作動	休止上限	休止上限		休止上限	—	—	×	○	○	×	○	
主ゲート状態	休止フック着状態	休止中	休止中		休止中	—	—	×	×	○	×	×	
主ゲート状態	全開リミットスイッチが作動	全開	全開		全開	—	—	×	○	○	×	○	
主ゲート状態	全閉リミットスイッチが作動	全閉	全閉		全閉	—	—	○	×	○	○	×	
主ゲート状態	機側操作盤の動作制限切替スイッチが設定側	動作制限設定	—		動作制限設定	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	機側操作盤の停止禁止切替スイッチが設定側	停止禁止設定	—		停止禁止設定	—	—	○	○	○	○	○	
主ゲート状態	機側操作盤の動作制限切替スイッチが解除側	動作制限解除	—		動作制限解除	—	—	○	○	○	×	×	
主ゲート状態	機側操作盤の停止禁止切替スイッチが解除側	停止禁止解除	—		停止禁止解除	—	—	○	○	○	×	×	
主ゲート状態	機側操作盤の操作系統操作切替スイッチが1号ポンプ2号操作または2号ポンプ1号操作側	交差運転操作	—		交差運転操作	—	—	○	○	○	×	×	

着色は機側操作盤、遠方操作卓で表示される状態(色)を示す

(3) 機器機能喪失の影響整理

ゲート設備の開閉装置及び制御機器を構成する各機器について、次の事項の整理を行った（表-7）。

① 各機器の機能
② 想定される不具合内容
③ 不具合発生による影響
④ 開閉機能への影響（開閉操作の可否）
⑤ 機側操作盤及びダムコンでの不具合表示
⑥ 不具合発生時の応急対策方法

これにより、遠方操作卓の警報表示灯点灯から故障内容をたどるのとは逆に、機器故障がどのようにゲート操作に影響を及ぼすかを明確にすることにより、故障発生時対応方法の精査を行った。

(4) 故障発生時対応方法の整理

ゲート放流操作中に想定される不具合事象を抽出し、それぞれの事象における故障表示内容ごとに応急対応方法を整理した。

応急対応方法は、遠方側での対応が不可能なものについては機側での対応方法も整理し、マニュアルの項目を一覧表にまとめた。

なお、推定される不具合事象は次のものを基本とし、マニュアルもこれに基づきとりまとめることとした。

① ゲート開操作または閉操作中に、警報が鳴りゲート運転が停止した。
② ゲート開操作または閉操作中に、警報が鳴ったがゲート運転は継続している。
③ ゲート開操作または閉操作中に、警報が鳴らないのに運転が停止した。
④ ゲート開操作または閉操作中に、停止釦を押したがゲート操作が停止しない。
⑤ ゲート操作を開始しようとしたが、運転開始条件を確立しない（釦を押しても運転を開始しない）

表-7　機器機能喪失の影響整理（真名川ダム主放水設備主ゲート）

装置	機器	機能	想定される不具合	不具合発生の頻度	不具合発生による影響	開閉機能への影響	機側操作盤での不具合表示	遠方操作装置のSV表示	不具合発生時の応急対応方法
扉　体	扉体構造部	水圧を支持し、支承部（ローラ）に荷重を伝達する	腐食等により板厚が減少し、強度が低下する。進行すると、荷重の支持不可。	極めて小	扉体の破壊	貯留水の異常放流 開閉操作ができなくなる	なし	なし	対応策なし
	ロッカー軸 ロッカービーム	1箇所の支承部作用荷重を2個の主ローラに分散させる	腐食等により板厚が減少し、強度が低下する。進行すると、荷重の支持不可。	極めて小	扉体の破壊	貯留水の異常放流 開閉操作ができなくなる	なし	なし	対応策なし
	主ローラ・軸・軸受	水圧荷重を戸当り（ローラレール）に伝達する。 ローラが回転し、扉体の円滑な開閉を可能にする。	ローラが回転しなくなると抵抗が増大する。	中	開荷重が大きくなり、進行すると圧力スイッチが作動する	大きな影響はなし	「開油圧異常」点灯	「主ゲート 開油圧異常」点灯	対応策なし（非常時制御回路による操作でもリリーフ設定圧を超えれば操作不可）
	補助ローラ・軸・軸受	ローラが回転し、扉体の円滑な開閉を可能にする	ローラが回転しなくなると抵抗が増大する。	中	開荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし (圧力の変化)	なし	−
戸当り	主ローラレール	ローラからの荷重を固定部（支枠）に伝達する	レールが変形し、凹凸が生じると扉体の開閉が滑らかに行えなくなる	小	開荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし	なし	−
	補助ローラレール	補助ローラの転動面となる	レールが変形し、凹凸が生じると扉体の開閉が滑らかに行えなくなる	小	開荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし	なし	−
	転倒防止金物	全開付近での扉体の上流側への傾きを、ゴムで保持して防止する	変形すると、の円滑な開閉が行えなくなる	小	開荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし	なし	−
	水密ゴム	扉体のスキンプレートと接触し、止水を行う	ゴムの劣化、変形等により、漏水が生じる	大	漏水。冬期に漏水が凍結した状態で開閉するとゴムが破損	大きな影響はなし	なし	なし	−
	水密板	扉体の水密ゴムと接触し、止水を行う	板の腐食等により漏水が生じる	小	漏水。冬期に漏水が凍結した状態で開閉するとゴムが破損	大きな影響はなし	なし	なし	−
	噴流防止装置	圧着離脱時の上方への水の噴出を防止する	噴射防止板が破損すると、圧着離脱時に水が上方に噴出する	小	周辺の構造物、機器に噴出水があたるため、腐食等が加速する。とくに電機機器への影響が大きい。	圧着度計などの機能に支障が生じると制御に影響が生じ、開閉停止につながる	一例として、「圧着(離脱)油圧異常」点灯	一例として、「主ゲート 圧着(離脱)油圧異常」点灯	非常時制御回路による操作
固定部	支枠アンカー金物	ローラレールからの荷重をPC鋼棒に伝達する	腐食等により板厚が減少し、強度が低下する。進行すると、荷重の支持不可。	極めて小	変形が生じ、ローラ反力が支持できなくなる	変形が大きいとローラの回転に支障が生じ、抵抗が大きくなるため開閉不能になる	電流値の変化 (「開or閉油圧異常」点灯)	− (「主ゲート開(閉)油圧異常」点灯)	非常操作回路による操作
	PC鋼棒	支枠からの荷重をダム堤体に伝達する	シース内への浸水によるＰＣ鋼棒の腐食	極めて小	腐食が進行するとＰＣ鋼棒が破断するおそれがある。ただし、1本の破断では荷重支持に致命的な支障は生じない。	破断本数が多くなければ、開閉には大きな影響はない	なし	なし	対応策なし
圧着装置	油圧モータ	油圧によって軸を回転させ、トルクを発生させる	漏油(内部、外部)により所定のトルクあるいは回転数が発生しない	小	トルク低下の度合いが大きくなると、圧着不能になるおそれもある	圧着不可になれば、開閉不能になる	なし (圧力の変化)	なし (圧力の変化)	対応策なし
	減速機	回転数を減少させてトルクを増幅し、伝動軸を回転させる	歯面の摩耗、軸受の劣化等により抵抗が増大する	小	圧着荷重が増大する。進行すると圧力スイッチが作動する。	圧着操作ができなくなり、開閉不能につながる	「圧着油圧異常」点灯	「主ゲート 圧着油圧異常」点灯	対応策なし（非常操作回路による操作でもリリーフ設定圧を超えれば操作不可）
	伝導軸	回転トルクを伝達する	軸が変形し、軸心のずれ等を生じると、回転抵抗が増大する懸念がある	極めて小	圧着(離脱)荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし (圧力の変化)	なし	−
	軸受	伝動軸を支持し、回転とトルク伝達を可能にする	ボルトのゆるみ等により、軸心のずれが生じて回転抵抗が増大する懸念がある	極めて小	圧着(離脱)荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし (圧力の変化)	なし	−
	軸継手	軸と軸をつなぎ、回転トルクを伝達する	ボルトのゆるみ等により、軸心のずれが生じて回転抵抗が増大する懸念がある	極めて小	圧着(離脱)荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし (圧力の変化)	なし	−
	ベベルギヤボックス	回転方向を変えるとともに、回転運動を直線運動に変換し、スピンドルを引き上げる(あるいは押下げる)	歯面の摩耗、軸受の劣化等により抵抗が増大する	小	圧着(離脱)荷重が増大する。進行すると圧力スイッチが作動する	圧着操作ができなくなり、開閉不能につながる	「圧着油圧異常」点灯	「主ゲート 圧着油圧異常」点灯	対応策なし（非常時制御回路による操作でもリリーフ設定圧を超えれば操作不可）
	スピンドル	駆動レバーを回転させる	歯面の摩耗、損傷により回転抵抗が増大する。座屈の可能性は小さい。	小	歯面の摩耗、損傷はベベルギヤボックスと同様	同上	同上	同上	同上
	駆動レバー	ロッカー軸を回転させ、扉体を上流側に押し出す	変形すると、回転抵抗が増大する	極めて小	圧着(離脱)荷重が大きくなるが、圧力スイッチ作動までには至らない	大きな影響はなし	なし (圧力の変化)	なし	−
	減速機(開度発信器用)	伝導軸の回転数を減少させ、開度発信器に回転を伝える	軸の固定不良等により、回転が開度発信器に伝達されない	極めて小	圧着度の検知が不可能になり、過圧着状態になると圧力スイッチが作動する	圧着操作ができなくなり、開閉不能につながる	「圧着油圧異常」点灯	「主ゲート 圧着油圧異常」点灯	非常時制御回路による操作操作
	開度(圧着度)発信器	圧着装置伝動軸の回転量を検出する	伝達機構の破損、開度発信器の劣化により正確な回転量が検出できなくなる	中	圧着度の正確な検知が不可能になり、過圧着状態になると圧力スイッチが作動する	圧着操作ができなくなり、開閉不能につながる	「圧着油圧異常」点灯	「主ゲート 圧着油圧異常」点灯	非常時制御回路による操作操作
	ケーブルリール	扉体の開閉に伴い、圧着度計用のケーブルを巻き取る	ケーブルが切断すると、圧着度の検出ができなくなる	小	圧着度の検知が不可能になり、過圧着状態になると圧力スイッチが作動する	圧着操作ができなくなり、開閉不能につながる	「圧着油圧異常」点灯	「主ゲート 圧着油圧異常」点灯	非常時制御回路による操作操作

（凡例）桃色：重故障　橙色：軽故障　黄色：通常の表示

4. 緊急時対応マニュアルの構築

これまでの検討結果を踏まえ、対象設備の緊急時対応マニュアルを作成した。

なお、マニュアルの構成は
① クイックマニュアル（初動対応編：緊急時確認用）
② リファレンスマニュアル（復旧編：詳細版）
の２編構成とした。

クイックマニュアルは、機械担当職員以外でも安全に対応可能な方法となるよう留意し、フロー図を用いて不具合発生時の初動対応方法を段階的に整理した。

また、実際のゲート操作は、支所内のゲート操作室から遠方操作で行うことから、異常・故障発生時に最初に対応するクイックマニュアルの対応項目は、遠方操作卓（ダムコン）の警報項目にあわせて作成を行った。

これにより、ゲート操作時に異常が発生した場合、警報画面に対応したクイックマニュアルを確認することにより、次にとるべき行動を明確にした。

リファレンスマニュアルは、機械担当職員及び研修、訓練を受講した職員を対象とし、異常発生時にゲート機側での対応を想定し、設備故障時の復旧を目的として、近畿技術事務所の「ダム機械設備維持管理手引書作成業務」において作成した真名川ダム及び九頭竜ダムの故障時の緊急対応手引書（案）を活用し、故障時操作方法等を追補して、より充実した内容とした。

また、クイックマニュアルで応急復旧が困難な項目については、リファレンスマニュアルのページを記載し、リファレンスマニュアルにより、ゲート機側ですぐに復旧方法が確認できる構成とした。

5. まとめと今後の課題

これまで、ゲート設備の異常や不具合発生時には、設備の取扱説明書を用いて、担当職員が過去事例や経験に基づき対応や所内研修を行ってきたが、今回作成した異常時対応マニュアルでは、異常発生時の画面表示や対応フロー図を用いることにより、視覚的に分かり易くし、「技術の見える化」を図ることができた。この「見える化」により今後は、職員の異動時においても、マニュアルを用いてより円滑な技術継承が可能となった。

また、整備局内のダムゲート設備維持管理検討WGにおいて、真名川ダムの異常時対応マニュアルについて事例紹介を行い、他ダムとの情報共有を行っている。

今後は、今回作成した緊急時対応マニュアルを用いた所内研修や対応訓練を実施し、実際に異常が発生した場合に、適切な対応ができるか検証し、常に実態に即した内容とすることが必要である。

今回は、ゲート設備についての緊急時対応マニュアルの構築を行ったが、今後は土木構造物及び電気通信設備についても作成を行い、ダム全体としての緊急時対応マニュアルとして構築していく必要がある。

6. 最後に

九頭竜川ダム統合管理事務所では、職員の技術力向上の取組みとして、２０１３年度は以下の研修を計画し、実施している（表–8）。研修には、技術職員だけでなく事務職員も参加し、様々な視点での意見を集約し、研修実施後には、報告書を作成して所内で情報共有し、課題となった項目は、次回の研修にフィードバックすることで、より充実した研修となるような取組みを実施している。

今回とりまとめた緊急時対応マニュアルについても、所内研修等において、様々な意見を集約し、ブラッシュアップし、より充実した内容とする計画である。

表–8 所内研修一覧（２０１３年度）

番号	実施内容		目的	実施日
1		放流巡視訓練	巡視経路を確認しながら巡視時の注意点を確認、また、警報局舎での機側操作を習得することで、円滑な巡視が出来るよう訓練をおこなう。	真名川（6/3実施）
2	○	異常時対応訓練（ダムコン編）	ダム管理設備の異常を想定し、対応の訓練をおこなうことで、施設の目的と機器の機能に関する知識の習得を図るとともに、人によるバックアップの実践訓練をおこなう。	真名川（6/10実施）
3		ゲート操作講習会	通常放流開始時の手順や流れの確認及び機側、遠方における基本的な操作方法や、発生しやすい軽微な異常に対応する知識を習得する。	真名川（6/24実施）
4		ダム案内講習会	イベント時に多くのダム見学者が見込まれることから、堤体内見学の案内を出来るように講習会を実施する。	真名川（7/9実施）
5	○	堤体観測研修会	ダム堤体の観測計器の目的と計測に関する知識を習得する。	真名川（10/22実施）
6	○ 10月	ゲート設備直営点検	毎月の直営点検にあわせ、ゲート設備の機能に関する知識を習得する。	毎月点検時に実施 （九頭竜、真名川）
		電気設備・電気通信設備の直営点検	毎月の直営点検時にあわせ、「放流前の電気通信設備点検」を実施し、施設の目的と機器の機能に関する知識の習得を図る。	真名川（10/29実施）
7	○ 九頭竜	ダム湖巡視	湖上より護岸法面の状況を観察することにより、浸食等の見識を深める。	九頭竜（11/6実施）
8		法面補修工事における現場研修会	吹付コンクリートの品質管理に関する知識の習得を図る。	九頭竜（11/21実施）
9		河川水辺の国勢調査(鳥類調査)における研修会	調査方法と採取鳥による環境評価に関する知識を習得する。	九頭竜（12/10実施）
10		屋外管理設備（豪雪対策）研究会	まとまった積雪の後、放流警報局等の点検や雪処理を行い、設備障害を未然に防止する。また、豪雪地帯の現状を把握し、メンテナンスコストのかからない設計を行えるよう知識の習得を図る。	真名川（１～２月） 九頭竜（１～２月） **少雪のため中止**
河川技術伝承会			近畿河川技術伝承会より講師を迎え、真名川ダム本体工事において特に留意した事項について、講演と意見交換会を行い、ダム管理に関する知識の習得を図る。	事務所(10/24実施)

（○は北部ブロック合同研修）

人事異動に伴う補足

1 2011年4月～2014年3月 九頭竜川ダム統合管理事務所 管理課
（九頭竜ダム管理支所及び真名川ダム管理支所に併任）

参考文献

1)国土交通省：ダム用ゲート設備等点検・整備・更新検討マニュアル(案)